

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-020930

(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.Cl.

G05B 23/02

G05B 23/02

// G08G 5/00

(21)Application number : 08-174566

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.07.1996

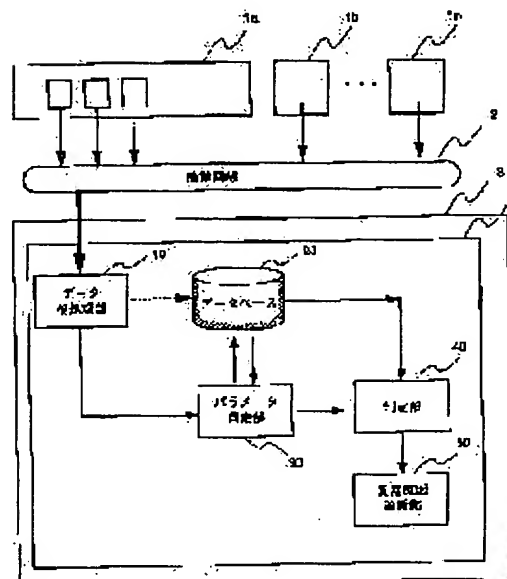
(72)Inventor : HORI YOSHINARI  
SATO YOSHIO  
GOTO SATOSHI

## (54) PREVENTIVE MAINTENANCE METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to specify a model parameter which causes an increase in deviation between a model output value and a measured value by comparing a parameter identified in a normal state and a parameter identified in an abnormal state with each other.

**SOLUTION:** A data preprocessing part 10 of a preventive maintenance device 4 indicates data abnormality if there is abnormality such as deficit data in data which are measured on-line. A parameter identification part 30 identifies model parameters of a dynamo model based on the on-line data whose no abnormality is confirmed by the data preprocessing part 10. A data base 20 is stored previously with model parameters reproducing a state wherein an emergency dynamo is normal. A decision part 40 compares the model parameters identified on the basis of the on-line data with model parameters stored in the data base 20 to detect abnormality of the emergency dynamo. An abnormality cause estimation part 50 estimates the cause of the abnormality of the emergency dynamo if the abnormality is detected.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-20930

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 23/02	3 0 2	0360-3H	G 0 5 B 23/02	3 0 2 V
		0360-3H		P
// G 0 8 G 5/00			G 0 8 G 5/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-174566

(22) 出願日 平成8年(1996) 7月4日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 堀 嘉成

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 佐藤 英雄

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 後藤 聡

茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株式会社日立製作所大みか工場内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

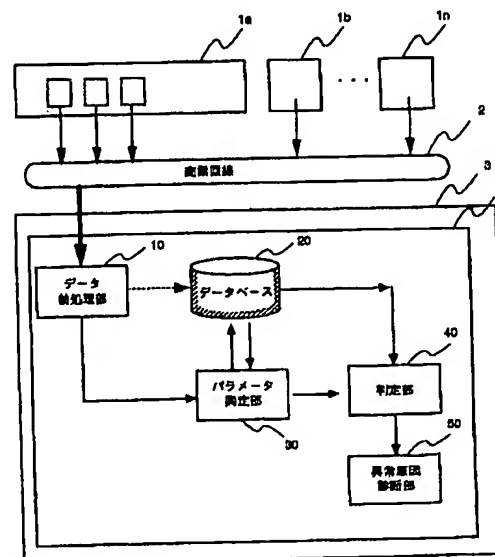
(54) 【発明の名称】 予防保全方法

(57) 【要約】

【課題】 計測データが正常か異常かを判定する予防保全システムにおいて、高精度に異常を検知し、同時に異常原因推定のための情報を得る。

【解決手段】 機器設備の動作を再現するモデルを含み、モデルパラメータを同定するパラメータ同定部30と、パラメータ同定部30で同定したモデルパラメータと、正常時のモデルパラメータとを比較し、機器設備の異常を検出する判定部40とからなる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 機器設備の計測データから機器の異常を検出する予防保全方法において、機器設備の動作を再現するモデルを持ち、前記モデルのモデルパラメータを同定するパラメータ同定部と、前記パラメータ同定部で同定した前記モデルパラメータと、正常時のモデルパラメータとを比較し、機器設備の異常を検出する判定部を持つことを特徴とする予防保全方法。

【請求項2】 機器設備の計測データから機器の異常を検出する予防保全方法において、機器設備をモデル化し、機器設備の動作を再現するシミュレーション部と、前記シミュレーション部のモデルパラメータを同定するモデルパラメータ同定部と、前記シミュレーション部で出力したモデル出力値と、実測値を比較しその偏差から機器設備の異常を検出する判定部とを有し、前記判定部で異常と判定された場合に、前記モデルパラメータ同定部により再度パラメータを同定することを特徴とする予防保全方法。

【請求項3】 機器設備の計測データから機器の異常を検出する予防保全方法において、機器設備をモデル化し、機器設備の動作を再現するシミュレーション部と、前記シミュレーション部のモデルパラメータを同定するモデルパラメータ同定部と、前記シミュレーション部で出力したモデル出力値と、実測値を比較しその偏差から機器設備の異常を判定する判定部とを有し、前記判定部で異常と判定された場合に、前記パラメータ同定部により再度パラメータを同定し、前記パラメータより再度異常を判定する機能を有することを特徴とする予防保全方法。

【請求項4】 機器設備の計測データから機器の異常を検出する予防保全方法において、機器設備をモデル化し、機器設備の動作を再現するシミュレーション部と、前記シミュレーション部のモデルパラメータを同定するモデルパラメータ同定部と、前記シミュレーション部で出力したモデル出力値と、実測値を比較しその偏差から機器設備の異常を判定する判定部とを有し、前記判定部で異常と判定された場合に、前記モデルパラメータ同定部により再度パラメータを同定し、前記パラメータより異常原因を特定する異常原因特定機能を有することを特徴とする予防保全方法。

【請求項5】 機器設備の計測データから機器の異常を検出する予防保全方法において、機器設備の過渡状態を模擬する動特性モデルを持ち、前記動特性モデルのモデルパラメータを同定するパラメータ同定部と、前記パラメータ同定部で同定したモデルパラメータと、正常時のモデルパラメータとを比較し、機器設備の異常を検出する判定部を持つことを特徴とする予防保全方法。

【請求項6】 遠隔地に設置された機器設備の計測データから機器の異常を検出する予防保全装置において、前記遠隔地の機器の起動停止を行う遠隔操作手段と、前記遠隔地の機器の計測データを通信により転送するデータ転

送手段と、前記機器設備の動作を模擬するモデルと、前記モデルのモデルパラメータを同定するパラメータ同定手段と、前記パラメータ同定手段で同定した前記モデルパラメータと、正常時のモデルパラメータとを比較し、前記機器設備の異常を検出する判定手段とを持つことを特徴とする予防保全装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、プラント、発電設備、通信設備などの機器設備の状態を測定または観測し、その結果に基づいて対象機器の異常を検出する予防保全方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 プラントあるいは機器をモデル化し、モデル出力値と計測値を比較して異常を判定する従来技術に、「ファジィ理論を応用したごみ焼却プラント異常診断システム」（日本機械学会論文集（C編）58巻550号1992）がある。この従来技術では、予防保全システムが持つごみ焼却プラントのプロセス定常モデルと実測データから推定計算された理論値を、兆候検知対象実測データと常時比較し、偏差が一定値以上になったとき異常兆候発生と判断している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 プラントあるいは機器のモデル出力と実測値とを比較して異常を判定する場合、用いるモデルが高精度であり、正常状態のプラントの状態を完全に再現可能であれば、正常か異常かを高い精度で判定可能である。しかし、通常、完全なモデルを作成することは困難であり、モデルパラメータには誤差を含むことが多い。したがって、モデルパラメータの若干のずれが、ある時刻における計測値の値を大きく変化させる場合（例えば、スイッチングにより計測値がステップ状に変化する場合に、スイッチング時間が若干異なるだけで、スイッチング時の計測値は大きく異なる）、モデル誤差の範囲に含まれる程度の違いであっても有意な偏差であると判断し、異常であると誤診する可能性がある。

【0004】 また、モデル出力値と実測値を比較することにより、異常を検知することは可能であるが、異常の原因を特定するための情報を得ることができない。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するためには、少なくとも、機器設備の動作を再現するモデルとモデルパラメータを同定するモデルパラメータ同定部とを持ち、正常状態で同定したパラメータと異常状態で同定したパラメータを比較する。

【0006】 このように、正常時に同定したパラメータと異常時に同定したパラメータを比較することにより、モデル出力値と実測値の偏差が大きくなった原因となるモデルパラメータを特定することが可能となる。したが

ってその結果から、異常と判定したことの妥当性を評価することができる。また、特定したモデルパラメータ及びその値は原因推定のための新たな情報となり、原因の特定が可能となる。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】図1に本発明の実施例を示す。

【0008】本実施例は航空機の安全な運行を管理するための運行管理システムに本発明を適用したものである。

【0009】運行管理システムは航空機の位置をレーダにより検出するレーダサイト1a~1n、レーダサイト1a~1nより検出されたデータに基づいて航空機の運行管理又はレーダサイト1a~1nのレーダを制御する中央監視センタ3から構成されている。そして、レーダサイト1a~1nは通常、山頂や離島などの遠隔地に分散して設置されているため、無人の施設が多い。そのため、機器の保守・点検用に使われる機器の運転状態を表わすデータ、及び気温などの計測条件を表わすデータは、電話回線2を介して中央監視センタ3へ転送するようになっている。中央監視センタ3では、分散設置された各レーダサイト1a~1nの運転状態をモニタリングし、通信装置を制御するとともに、中央監視センタ3の中に設置された予防保全装置4でサイト内の機器のデータを統括管理し、機器の状態を判定する。レーダサイト1a~1nは航空機の安全な運行を保障するために必要不可欠の設備である。よって、設備の異常による機能の低下及び停止は重大事故を意味する。とりわけ、電力供給の停止はダメージが大きいため、停電に対する安全対策は重要である。従って、レーダサイト1a~1nには、電波を発信または受信する通信機器の他に、停電時の電源確保を目的に非常用発電機や無停電電源が設置されている。本発明は、この非常用発電機の異常を検出するためのもので、中央監視センタ3に予防保全装置4を備えたものである。

【0010】予防保全装置4は、データ前処理部10、データベース20、パラメータ同定部30、判定部40、異常原因推定部50から構成されている。

【0011】データ前処理部10では、オンラインで計測されたデータに欠損データなど、計測、通信による異常がないかを確認する。異常がある場合は「データ異常」であることを知らせる。パラメータ同定部30では、データ前処理部10で異常がないことが確認されたオンラインデータを基に発電機モデルのモデルパラメータを同定する。データベース20には、予め非常用発電機が正常な状態を再現するモデルパラメータが格納されている。ただし、このパラメータはパラメータ同定部30で予め同定した値である。判定部40では、オンラインデータを基に同定したモデルパラメータと、データベース20に格納されているモデルパラメータを比較し、非常用発電機の異常を検知する。異常原因推定部50で

は、非常用発電機の異常が検知された場合、その原因を推定する。

【0012】次に、本実施例の詳細を説明する。

【0013】レーダサイト1a~1nは、停電となり商用電力の供給が停止した場合、非常用発電機により電源を確保するが、停電が起こってから非常用発電機が定常運転に達するまでの間は電力供給ができない。そこで、通信機器は常時無停電電源に接続されており、停電直後は無停電電源より電力を得る。本実施例では、これらサイト内の機器の中で非常用発電機を対象として異常判定を行った場合について説明する。

【0014】まず、非常用発電機の概要について図2を用いて説明する。

【0015】この非常用発電機はディーゼルエンジン駆動の三相交流発電機であり、ディーゼルエンジン100、発電部110、蓄電池120、整流器130からなる。ディーゼルエンジン100は停電により商用電力が停止した場合、及び中央監視センタ3からの起動信号を受信した場合に起動する。

【0016】次に、この非常用発電機の起動時の動作について説明する。まず、圧縮空気を使用して、ディーゼルエンジン100に他力的に初期回転を与え、燃料に着火させる。定格回転数の20%に達すると自力回転が可能となるため、起動装置を切り離す。以降は自力で速度上昇し、调速機により定格速度に調整される。電機子111はディーゼルエンジン100と同じ速度で回転しており、界磁巻線112に界磁電流が供給されると発電が開始される。発電した電力はスイッチ140を介して通信機器150に送られる系統と、整流器130で直流に変換されて蓄電池120に送られる系統がある。ただし、発電電圧が定格に達するまでの間は、スイッチ140はオフであり、通信機器150に電力は供給されない。また、整流器130に接続された系統も、整流器から出力される電圧が蓄電池120の電圧に達していない間は蓄電池120に電力を供給できない。

【0017】レーダサイト1a~1nに設置されている非常用発電機には、蓄電池電圧、発電機機関回転数、発電機電圧、発電機電流、発電機界磁電流、蓄電池総電圧、及び蓄電池液温及びレーダサイト内の気温、湿度を計測するためのセンサが設置されている。これらセンサは計測レンジを設定することができ、計測値が計測レンジに入らない場合には“計測レンジオーバー”の信号を発生するものである。尚、このように計測レンジが設定できるセンサでなくとも予め計測値として使用する領域を設定し、センサからの計測値がこの設定した領域を越えている場合に“計測レンジオーバー”の信号を発生する装置をセンサに備えるようにしてもよい。また、各レーダサイト1a~1nは、それら各種センサからの計測データを電話回線を介して中央監視センタ3の予防保全装置4へ送る。尚、計測データを判定した結果、“計測

レンジオーバー”の信号が発生した場合には、この信号を計測データに付加して中央監視センタ3の予防保全装置4へ送る。

【0018】次に、予防保全装置4の各処理部について説明する。通常、非常用発電機は停止しているため、これらのデータは、中央監視センタ3から起動命令をかけて、収集する時間と収集する間隔を指定して計測される。従って、例えば非常用発電機の起動時に0.1秒間隔で60秒とすると600点、停止時に0.5秒間隔で60秒とすると120点、定常運転時に30秒間隔で300秒とすると10点といったように収集する計測データ数が決定される。さらに、レーダサイト1a~1nから転送されてきた計測データはデータ前処理部10により計測データの異常及び欠損の有無がチェックされる。計測データの異常の判定は、レーダサイト1a~1nから送られてくる計測データに“計測レンジオーバー”の信号が付加されているか否かで判定し、計測データの欠損については予め収集する時間と間隔を指定しているため収集するデータ数が決定されるので実際に転送されて\*

$$y(k+1) = \sum_{i=0}^n a_i \cdot y(k-i) + \sum_{j=0}^m b_j \cdot u(k-j) \quad \dots (数1)$$

【0021】本実施例では、入力 $u(k)$ は機関回転数及び目標界磁電圧であり、出力 $y(k)$ は発電機電圧である。

【0022】入力 $u(x)$ と出力 $y(x)$ の時系列データが与えられると、最小二乗法によりパラメータ $a_1 \sim a_n$ ,  $b_1 \sim b_n$ を同定することができる。パラメータ同定方法については「ロバスト適応制御入門」(寺尾満監修, 金井喜美雄著, オーム社, 1989)に記載されて※30

\*きた計測データの数と比較することにより判定できる。このようにして異常か否かを判定し、異常であると判定された計測データはデータベース20の異常データ格納ファイルに格納する。一方、異常と判定されない場合には計測データはパラメータ同定部30に送られる。

【0019】パラメータ同定部では、正常な運転データを用いてモデルのパラメータを同定する。本実施例では、非常用ディーゼルエンジン発電機の機関回転数から発電機電圧, 発電機電流, 界磁電圧, 蓄電池電圧を出力するモデルを用いた。ただし、簡略化のため、機関回転数から発電機電圧を出力するモデルで説明する。本実施例では、発電機モデルに自己回帰モデル(ARMAモデル)を用いた。自己回帰モデルは、「ロバスト適応制御入門」(寺尾満監修, 金井喜美雄著, オーム社, 1989)に記載されているように、数1で示した式で表わされる。

【0020】

【数1】

※いるため、ここでは説明を省略する。

【0023】判定部では、このようにして求めたパラメータと正常時のパラメータを比較する。先に述べたようにパラメータは複数個存在するため、各パラメータ毎に比較する。

【0024】判定結果の一例を表1に示す。

【0025】

【表1】

表 1

	a 1	a 2	a 3	b 1	...
同定結果	3.2	1.08	0.95	1.03	

【0026】表中に示した値は、正常時の同定結果を1とした場合の相対値である。本実施例では、同定したパラメータと正常時のパラメータの誤差が±10%に入っていれば正常であるとした。すなわち、相対値が0.9~1.1の間であれば正常である。この例では、パラメータ $a_1$ 以外のパラメータは正常であるが、 $a_1$ の値は正常時のパラメータの約3倍の値となっている。したがって、発電機になんらかの異常が生じていることがわかる。

【0027】次に、異常原因診断部50では、判定部40の結果を利用し、異常原因を特定する。

【0028】ここでは、異常となったパラメータの種類と原因との因果関係表を利用して異常原因を特定する。先に述べた例では、パラメータ $a_1$ のみが正常時に比べ

て大きな値となっているため、因果関係を示す表2を参照すると、原因Aである可能性が高いことがわかる。

【0029】

【表2】

表 2

	a 1	a 2	a 3	b 1	...
原因 A	大	-	-	-	
原因 B	大	小	-	-	
原因 C	-	小	大	-	
⋮					

【0030】このように、同定したパラメータをそれぞれ比較するために、モデル出力と実測値を比較していただけではわからなかった原因を特定することが可能となる。

【実施例2】以上のように第1の実施例では、異常を判定する度にモデルパラメータを同定する必要がある。パラメータの同定に要する時間が大きくなる機器設備の場合、工夫が必要となる。

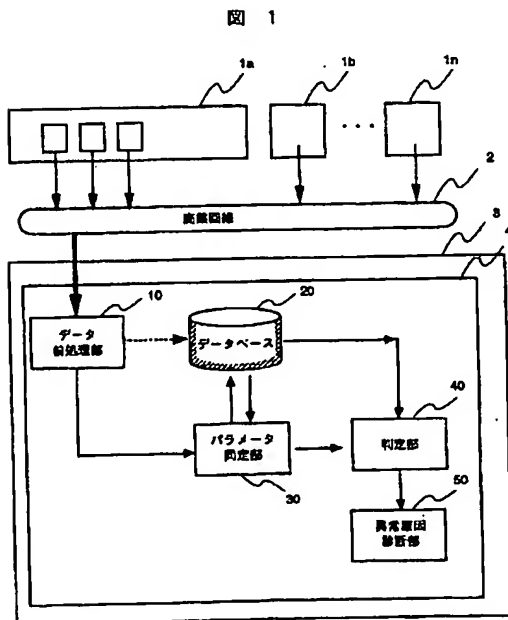
【0031】次に第2の実施例を示す。

【0032】第2の実施例は、図5に示したように第1の実施例にシミュレーション部60が加わる。

【0033】以下にその相違点について説明する。

【0034】第2の実施例では、データ前処理部10で通信に伴う異常が見つけれなかったオンラインデータは、シミュレーション部60に送られる。シミュレーション部60では送られたデータのうち機関回転数を発電機モデルに入力し、モデル出力として発電機電圧を出力する。判定部40では、シミュレーション部60より出力された値と、データ前処理部10から送られる実測データとを比較して、両者の偏差が基準値以下であれば正常、基準値を上回れば異常と判定する。判定部40での判定結果が異常であった場合、第1の実施例と同様にパラメータ同定部30でモデルパラメータの同定が行われ、その結果は異常原因診断部50に送られる。異常原因

【図1】



診断部50での診断方法も、実施例1と同様である。

【0035】ただし、前述のように、モデル出力と実測データの偏差が大きくなり、判定部40で異常と判定した場合でも、モデル誤差による偏差の可能性がある。その場合、モデルパラメータ自体は正常時のパラメータとの偏差が小さい。したがって、本実施例ではパラメータ同定部30でモデルパラメータを同定し、正常時のパラメータと比較するため、モデル誤差によるものであるかを判別することができる。

【0036】

【発明の効果】本発明によれば同定したモデルパラメータと正常時のモデルパラメータを比較し、対象設備の異常を判定することで、より高精度な異常判定が可能となる。また、異常原因推定のための情報も得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を表わすブロック図。

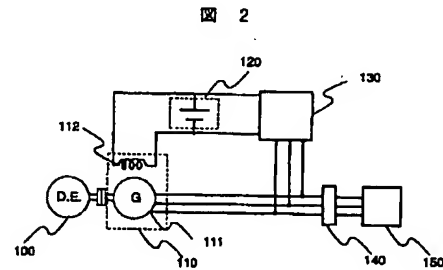
【図2】発電機の概略を表わすブロック図。

【図3】本発明の第2の実施例を表わすブロック図。

【符号の説明】

1…レーダサイト、2…商業回線、3…中央監視センタ、4…予防保全装置、10…データ前処理部、20…データベース、30…パラメータ同定部、40…判定部、50…異常原因推定部。

【図2】



【図3】

図 3

